



(19)

(11) Publication number: **11274**

Generated Document.

**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**(21) Application number: **11004535**(51) Intl. Cl.: **H03M 13/00**(22) Application date: **11.01.99**

(30) Priority: <b>10.01.98 KR 98 9800492</b> (43) Date of application publication: <b>08.10.99</b> (84) Designated contracting states:	(71) Applicant: <b>HYUNDAI ELECTRONICS IN LTD</b> (72) Inventor: <b>RI GENCHIN GO DAICHI</b> (74) Representative:
--	---

**(54) REED-SOLOMON  
DECODING METHOD  
USING MODIFIED  
BERLEKAMP-MASSEY  
ALGORITHM, AND  
DECODER THEREOF**

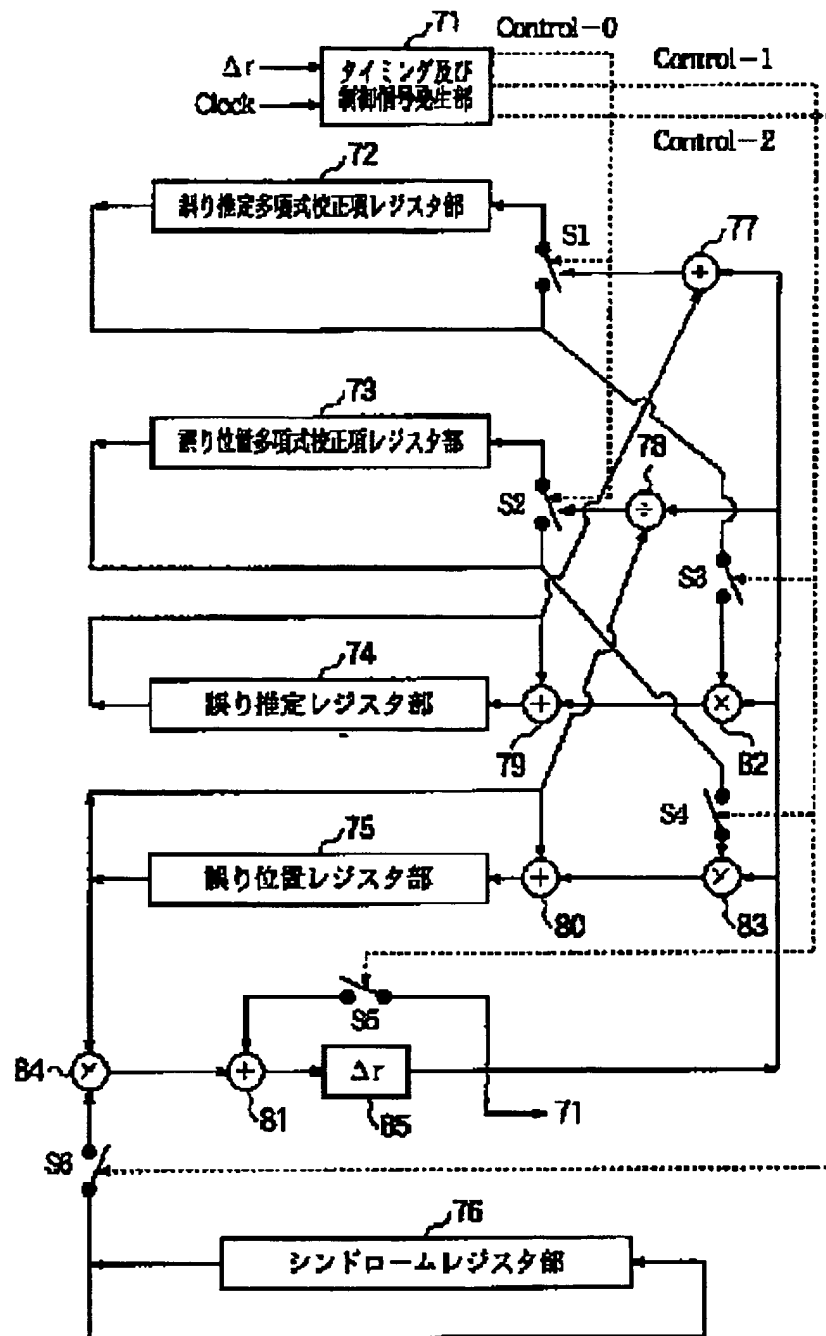
(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a Reed-Solomon decoding method using a modified Berlekamp-Massey algorithm that is a compromise between the Berlekamp-Massey algorithm and a Euclidian algorithm and to provide its decoder.

**SOLUTION:** This Reed-Solomon decoder provided with a timing and control signal generating section 71, an error location polynomial calibration term register section 72, and error location register section 75, a syndrome register section 76, and a disagreement degree generating section 85 is provided with a divider that receives a disagreement degree output  $\Delta_r$  of the error location polynomial calibration term register section 72, an estimate register section 74, and the disagreement degree generating section 85 and an

error estimate term of the estimate register section 74 to calculate a new error estimate calibration term and to give it to the error location polynomial calibration term register section 72, a multiplier that receives the input of the disagreement degree output  $\Delta r$  from the disagreement degree generating section 85 and an input of a quotient from the error location polynomial calibration term register section 72 and multiplies them, and an adder that adds the output of the estimate register section 74 to the output of the multiplier and gives the sum to the estimated register section 74.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-274940

(43)公開日 平成11年(1999)10月8日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

FI

H0 3 M 13/00

H03M 13/00

審査請求 未請求 請求項の数7 OL (全 9 頁)

(21)出願番号 特願平11-4535

(22)出願日 平成11年(1999)1月11日

(31)優先權主張番号 1998-00492

(32)優先日 1998年1月10日

(33)優先権主張国 韓国 (KR)

(71)出願人 591024111

現代電子産業株式会社

大韓民國京畿道利川市夫鉢邑牙美里山136  
-1

(72)發明者 李 元 錫

大韓民国ソウル市永浦區文▲来▼6街幽園  
文▲来▼アパートメント101-608

(72)發明者 吳 大 一

大韓民国京畿道安養市東安區平村洞草原大  
林アパートメント207-606

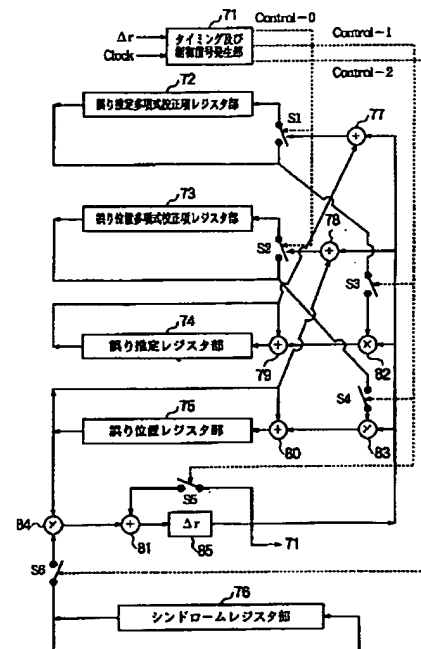
(74) 代理人 弁理士 曾我 道照 (外 6 名)

(54) 【発明の名称】 修正された BerlekampMassey アルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法とその復号器

(57) 【要約】

【課題】 Berlekamp-Masseyアルゴリズムとユークリッドアルゴリズムを折衷した修正されたBerlekamp-Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法とその復号器を提供する。

【解決手段】 タイミング及び制御信号発生部、誤り位置多項式校正項レジスタ部、誤り位置レジスタ部、シンドロームレジスタ部、不一致度生成部を備えたリードソロン復号器において、誤り推定多項式校正項レジスタ部、誤り推定レジスタ部、不一致度生成部の不一致度出力 $\Delta_r$ と誤り推定レジスタ部の誤り推定項を入力して新しい誤り推定校正項を算出し誤り推定多項式校正項レジスタ部に入力する除算器、不一致度生成部から不一致度 $\Delta_r$ の inputs を受け誤り位置多項式校正項レジスタ部から商の inputs を受けて乗算する乗算器、乗算器の出力に誤り推定レジスタ部の出力を加算して誤り推定レジスタ部に入力させる加算器を備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 生成された不一致度と入力クロックに応じて各レジスタの入力信号を決定するスイッチの制御信号を発生させるタイミング及び制御信号発生部と、誤り位置多項式の校正項を生成する誤り位置多項式校正項レジスタ部と、誤り位置多項式を生成する誤り位置レジスタ部と、シンドローム項を生成するシンドロームレジスタ部と、前記シンドロームレジスタ部から生成したシンドローム項の出力と前記誤り位置レジスタ部から生成した誤り位置項の出力を入力として不一致度 $\Delta_r$ を生成する不一致度生成部を備えたリードソロモン復号器において、誤り推定多項式の校正項を算出する誤り推定多項式校正項レジスタ部と、誤り推定多項式を生成する誤り推定レジスタ部と、前記不一致度生成部の不一致度出力 $\Delta_r$ と前記誤り推定レジスタ部の誤り推定項を入力として新しい誤り推定校正項を算出して前記誤り推定多項式校正項レジスタ部に入力する除算器と、前記不一致度生成部からの不一致度 $\Delta_r$ 及び前記誤り位置多項式校正項レジスタ部からの商を入力として乗算する乗算器と、前記乗算器の出力に前記誤り推定レジスタ部の出力を加算してその結果値を前記誤り推定レジスタ部に入力させる加算器とを含んで構成されたことを特徴とする修正されたBerlekamp Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号器。

【請求項2】 前記乗算器で誤り推定校正項 $a_r(x)$ と不一致度 $\Delta_r$ を乗算し、その乗算結果を(−)符号として、加算器で誤り推定項 $z_x$ と加算して誤り推定項に $z_x - \Delta_r a_r(x)$ を代入することを特徴とする請求項1記載の修正されたBerlekamp Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号器。

【請求項3】 新しい誤り位置多項式の次数値 $L$ を算出して次数値 $2L$ が $r-1$ より大きいかを判断し、大きい場合、除算器に誤り推定 $z(x)$ を印加して誤り推定項 $z(x)$ で不一致度 $\Delta_r$ を除算し、その結果 $\Delta_r^{-1} z(x)$ を誤り推定校正項 $a$ に代入し、 $L$ に $r-L$ を代入して誤り推定項の次数を更新することを特徴とする請求項1記載の修正されたBerlekamp Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号器。

【請求項4】 リードソロモン復号方法において、誤り位置多項式と誤り推定多項式を生成するための初期条件を設定する第1段階と、前記初期条件の設定後、誤り位置項 $\sigma$ とシンドローム項 $S$ を乗算し、その乗算の結果と不一致度を加算して不一致度を算出する第2段階と、前記算出した不一致度 $\Delta_r$ が「0」であるかを判断して不一致度 $\Delta_r$ が「0」でない場合、新しい誤り位置多項式及び誤り推定多項式を算出する第3段階と、前記新しい誤り位置多項式の次数 $L$ を算出してこの $L$ が $r-1$ より大きいかを判断する第4段階と、前記第4段階の判断結果、 $2L$ が $r-1$ より大きい場合、誤り位置多項式の商、校正項及び誤り推定項の次数を更新す

る第5段階と、前記第4段階の判断結果 $2L$ が $r-1$ より大きい場合、誤り位置多項式の誤り位置校正項 $b$ と誤り推定校正項 $a$ を1次数増加させ、新しい誤り位置多項式の商と校正項、制御信号の計算が終わった後反復度 $r$ の値を1増加させてその値が $2t$ になったかを判断する第6段階と、前記第6段階の判断で反復度 $r$ が $2t$ でなければ、前記第1段階の反復度 $r$ を増加させる段階に復帰し、 $r=2t$ であれば、 $\sigma(x)$ を誤り位置項とし、 $z(x)$ を誤り推定項とする第7段階とを含んでなることを特徴とする修正されたBerlekamp Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法。

【請求項5】 前記初期条件を設定する第1段階は、校正項 $b_0=1$ 、誤り位置項 $\sigma_0=1$ 、反復回数 $r=0$ 、次数 $L=0$ 、誤り推定校正項 $a_0=1$ 、誤り推定項 $z_0=0$ 、不一致度 $\Delta_1=s_0$  ( $s_0$ :シンドローム項の初期値)と設定して初期化し、反復度 $r$ を1増加させて初期条件を設定することを特徴とする請求項4記載の修正されたBerlekamp Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法。

【請求項6】 前記第3段階は、誤り位置校正項 $b(x)$ と不一致度を乗算し、その乗算結果を(−)符号として誤り位置項 $\sigma_x$ と加算して誤り位置項に $\sigma_x - \Delta_r x b(x)$ を代入し、誤り推定校正項 $a_r(x)$ と不一致度 $\Delta_r$ を乗算し、その乗算結果を(−)符号として誤り位置項 $z_x$ と加算して誤り推定項に $z_x - \Delta_r a_r(x)$ を代入して新しい誤り位置多項式及び誤り推定多項式を生成することを特徴とする請求項4記載の修正されたBerlekamp Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法。

【請求項7】 前記第5段階は、誤り位置項 $\sigma(x)$ で不一致度 $\Delta_r$ を除算し、その結果 $\Delta_r^{-1} \sigma(x)$ を誤り位置校正項 $b$ に代入し、誤り推定項 $z(x)$ で不一致度 $\Delta_r$ を除算し、その結果 $\Delta_r^{-1} x z(x)$ を誤り推定校正項 $a$ に代入し、 $L$ に $r-L$ を代入して誤り位置多項式の商と校正項及び誤り推定項の次数を更新することを特徴とする請求項4記載の修正されたBerlekamp Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【発明の属する技術分野】

【0001】本発明は、リードソロモン復号器に係り、特に(Berlekamp-Massey)アルゴリズムとユークリッド(Euclid)アルゴリズムを折衷した修正されたバリケンアームシアルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法とその復号器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】図1はATSC(American Television System Committee) 8VSB(Vestigial Side Band)規格の伝送段で順方向誤り訂正器を構成する符号器の構成を示すブロック図である。このような構成をもつ伝送段では、まずデータを乱数化器11で乱数化(randomized)

し、リードソロモン符号器12でリードソロモン符号化した後、インタリバー(interleaver)13で誤り訂正のためにインタリーブし、格子符号器14で格子符号化して伝送する。

【0003】図2はATSC 8VSB規格の受信段で順方向誤り訂正器を構成する復号器の構成を示すブロック図である。このような構成をもつ受信段では伝送時の逆順に格子復号器(Viterbi decoder)21で復号化し、逆インタリバー(de-interleaver)22で逆インタリーブ(de-interleaving)する。逆インタリバー22から出力された信号はリードソロモン復号器23で復号された後、逆乱数化器(de-randomizer)24で逆乱数化されて送信段の原信号が復旧される。

【0004】前記リードソロモン復号器23の一般的な復号化過程は次の通りである。

(1) 受信系列 $r(x)$ 信号から $2t$ 個のシンドローム(syndrome)を求める。

(2) 前記計算したシンドロームから誤り位置多項式(error locator polynomial)と誤り推定多項式(error evaluator polynomial)を計算する。

(3) 誤りの位置を求めるために誤り位置多項式の根を計算する。

(4) 誤り位置多項式と誤り推定多項式から誤り値を計算する。

(5) 受信系列に発生した誤りを訂正する。

【0005】図3は前記リードソロモン復号器の構成を示すブロック図である。リードソロモン復号器は、復号部31と遅延素子32に大きく分けられ、復号部31はシンドローム計算部31aから入力された受信信号 $r(x)$ に生成多項式の根 $a_k$ を代入して $2t$ 個のシンドローム要素 $S_k$ を求め、誤り位置多項式及び誤り推定多項式計算部31bで前記算出したシンドロームから誤り位置多項式と誤り推定多項式をそれぞれ計算する。そして、誤り位置及び誤り値計算部31cは、前記誤り位置多項式及び誤り推定多項式計算部31bで計算された誤り位置多項式と誤り推定多項式から誤り位置と誤り値を計算する。このように計算された誤り値は、排他的論理和素子33で遅延素子32によって前記復号部31の誤り値計算のための時間だけ遅延した受信信号と排他的論理和(exclusive-OR)されて受信データの誤りを訂正する。

【0006】図4の復号化過程で誤り位置多項式を求める部分(誤り位置多項式及び誤り推定多項式計算部)がリードソロモン復号器の性能を左右する。図4は従来の誤り位置多項式を計算する誤り位置多項式計算部の詳細図である。図4に示すように、タイミング及び制御信号発生部41は、入力されるクロックと不一致度(discrepancy)生成部44からの不一致度 $\Delta_r$ に応じて各レジスタのクロック信号とスイッチ制御信号Control-0, Control-1, Control-2を発生

させる。即ち、前記スイッチ制御信号Control-0は第1スイッチS1を制御し、スイッチ制御信号Control-1は第2及び第3スイッチS2, S3を制御し、スイッチ制御信号Control-2は第4スイッチS4を制御する。

【0007】そして、誤り位置多項式校正項レジスタ部42は、除算器46から出力される信号の伝達を前記第1スイッチS1を通して受け、誤り位置多項式から誤り位置校正項を生成する。誤り位置レジスタ部43は第2加算器47から出力される信号によって誤り位置多項式を生成する。また、シンドロームレジスタ部45は自分の出力信号のフィードバックを受けてシンドローム項を生成する。

【0008】一方、第1乗算器49は、前記誤り位置レジスタ部43から出力される誤り位置項と前記シンドロームレジスタ部45から出力されるシンドローム項を第4スイッチS4を介して入力して2つの項を掛け合わせて出力し、前記第1乗算器49から出力される信号は、第1加算器50に入力される。前記第1加算器50は、前記第1乗算器49の出力と前記不一致度生成部44からの不一致度を加算して、その結果値を前記不一致度生成部44に入力する。

【0009】不一致度生成部44は、前記第1加算器50から出力される信号に応じて不一致度 $\Delta_r$ を生成する。このように生成される不一致度 $\Delta_r$ は、除算器46、タイミング及び制御信号発生部41、第3スイッチを介して第1加算器50にそれぞれ入力され、前記除算器46は、前記不一致度生成部44の不一致度出力 $\Delta_r$ と前記誤り位置レジスタ部43から出力される誤り位置項の入力を受けて新しい誤り位置校正項を算出し、その算出した誤り位置項を第1スイッチS1を介して前記誤り位置多項式校正項レジスタ部42に入力して誤り位置校正項が生成されるようにする。また、第2乗算器48は、前記不一致度生成部44から出力される不一致度 $\Delta_r$ 及び前記誤り位置校正項レジスタ部42から出力される誤り位置校正項の入力を第2スイッチS2を介して受け、掛け合わせて出力する。

【0010】このように出力される信号は第2加算器47に入力され、前記第2加算器47は前記第2乗算器48の出力と前記誤り位置レジスタ部43の出力を加算してその結果値を誤り位置レジスタ部43に入力する。一方、第1乃至第4スイッチS1~S4は前記タイミング及び制御信号発生部41から出力されるスイッチ制御信号Control-0~Control-2に応じてスイッチング動作を行う。

【0011】即ち、第1スイッチS1は、前記誤り位置多項式校正項レジスタ部42の出力を入力とするか、或いは前記除算器46の出力信号を前記誤り位置多項式校正項レジスタ部42に入力する。第2スイッチS2は、前記前記誤り位置多項式校正項レジスタ部42の出力を

第2乗算器48に入力する。第3スイッチS3は、前記不一致度生成部44の出力を前記第1加算器50に入力する。第4スイッチS4は、前記シンドロームレジスタ部45の出力を前記第1乗算器49に入力する。

【0012】一般に、誤り位置多項式計算のためにはBerlekamp-MasseyアルゴリズムとEuclidアルゴリズムが最も多く用いられており、誤り位置多項式の計算のためのBerlekamp-MasseyアルゴリズムとEuclidアルゴリズムに対する詳細な説明は次の通りである。

【0013】図5はBerlekamp-Masseyアルゴリズム(BMA)を用いて誤り位置多項式を求める順序図である。段階S41はBerlekamp-MasseyアルゴリズムBMAの初期条件を定める。即ち、誤り推定多項式の第1項係数 $\sigma_0 = 1$ 、校正項係数 $b_0 = 1$ として誤り位置多項式を更新する時に追加させる校正項の初期条件を与え、 $r = 0$ として反復回数 $r$ の初期値を定め、次数 $L = 0$ として計算方法を決定する制御信号の初期条件を設定する。

【0014】段階S42で前記反復回数 $r$ を1増加させる。この時、増加された反復回数 $r$ が2 $t$ であれば、段階S50で $\sigma(x)$ を誤り位置多項式の係数とし、本Berlekamp-Masseyアルゴリズム(BMA)を済ませる。前記反復回数 $r$ が2 $t$ でない場合には、段階S42を経て段階S43でシンドローム $S_r$ と誤り位置多項式の係数 $\sigma_j$ を用いて不一致度 $\Delta r$ を計算するが、この加算演算は、galois fieldにおける加算演算であって、排他的論理和である。

【0015】次に、段階S44で不一致度(discrepancy:  $\Delta r$ )が0であるかを判断して、0であれば段階S48に進んで校正項 $b(x)$ の次数を1次数増加させる。また、前記段階S44で不一致度が0でなければ、段階S45に進んで誤り位置多項式の係数 $\sigma_x$ に $\sigma_x - \Delta_r \times b(x)$ を代入して新しい誤り位置多項式を計算する。以後、段階S46で新しい誤り位置多項式の次数(degree)値 $L$ を算出して次数値 $L$ の2倍( $2L$ )が $r-1$ より大きいかを判断する。

【0016】この判断結果 $2L$ が $r-1$ より小さい場合、段階S47で校正項の係数 $b$ に $\Delta_r^{-1} \sigma(x)$ を代入し、 $L$ に $r-L$ を代入して誤り位置多項式の校正項と次数を更新する。これとは異なり、前記 $2L$ が $r-1$ より大きい場合には段階S48に進んで誤り位置多項式の校正項を1次数増加させる。段階S49で新しい誤り位置多項式、誤り位置多項式の校正項、制御信号の計算が終わった後 $r$ の値を1増加させてその値が2 $t$ になったかを判断する。この時、 $r \neq 2t$ であれば、段階S42に復帰し、 $r = 2t$ であれば、段階S50で $\sigma(x)$ を誤り位置多項式の係数として誤り位置多項式の計算を終了する。

【0017】このようなBMA構造をそのまま用いてリードソロモン復号器を設計する場合、誤り位置多項式の計算が全て終わってから誤り推定多項式を別途に計算す

る。従って、BMA構造を用いてリードソロモン復号器を設計する場合、誤り位置多項式の計算が全て終わらなければ別途誤り推定多項式の計算が不可能なので、全体的に待ち時間(latency)が長くなるという短所がある。このような短所を改善したものがユークリッドアルゴリズムを用いた誤り位置多項式及び誤り推定多項式計算方式である。

【0018】図6はユークリッドアルゴリズムを用いて誤り位置多項式と誤り推定多項式を同時に計算する順序図である。まず、段階S51で誤り位置多項式の初期条件 $\sigma_0(x) = 1$ 、 $b_{-1}(x) = 0$ を設定し、反復回数 $r = 1$ に初期化し、誤り推定多項式の初期条件を $z_{-1}(x) = x^{2t}$ に設定し、 $z_0(x) = s(x)$ (ここで、 $s(x)$ は誤り多項式)を設定する。

【0019】次に、段階S52で誤り推定多項式( $Z_{r-2}(x)/Z_{r-1}(x)$ )を用いて商(quotient)  $a_r(x)$ を算出する。段階S53において、前記段階で求めた以前の誤り位置多項式、誤り推定多項式と商を用いて新しい誤り位置多項式と誤り推定多項式を算出する。即ち、校正項 $\sigma_r(x)$ に $\sigma_{r-2}(x) - a_r(x) \sigma_{r-1}(x)$ を代入し、 $z_r(x)$ に $z_{r-2}(x) - a_r(x) z_{r-1}(x)$ を代入する。段階S54で誤り推定多項式 $z_r(x)$ の次数が $t$ より小さいかを判断する。

【0020】この判断結果、 $z_r(x)$ の次数が $t$ より小さくない場合、段階S55で新しい誤り位置多項式を計算した後反復回数を1増加させ、段階S52以下の過程を繰り返す。また、前記判断結果 $z_r(x)$ の次数が $t$ より小さい場合には段階S56でも回繰り返し計算した後 $\sigma(x)$ の最終値が誤り位置多項式になり、 $z(x)$ の値が誤り推定多項式になる。ユークリッドアルゴリズムを用いて計算された誤り位置多項式の最高次数は $t$ であり、誤り推定多項式の最高次数は $t-1$ になる。

【0021】

【発明が解決しようとする課題】ところで、Berlekamp-Masseyアルゴリズムを用いてリードソロモン復号器を設計する場合、ハードウェアの大きさはユークリッドアルゴリズムに比べて小さいが、誤り位置多項式の計算が終わった後に誤り推定多項式を求めることができるため、全体的な復号遅延時間がユークリッドアルゴリズムに比べて長くなるという短所がある。これに対して、ユークリッドアルゴリズムは全体的な復号遅延時間が短い、ハードウェアの大きさが大きくなるという短所がある。

【0022】本発明はかかる従来のBerlekamp-Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号器とユークリッドアルゴリズムを用いたリードソロモン復号器からそれぞれ発生する諸般問題点を解決するためのもので、その目的は、Berlekamp-Masseyアルゴリズムとユークリッド

アルゴリズムを折衷した修正されたBerlekamp-Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法とその復号器を提供することにある。

【0023】また、本発明の他の目的は、Berlekamp-Masseyアルゴリズムを修正して復号時間遅延とハードウェアの大きさを減らすようにした修正されたBerlekamp-Masseyアルゴリズムを用いたリードソロモン復号方法とその復号器を提供することにある。

【0024】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明によるリードソロモン復号器は、生成された不一致度と入力クロックに応じて各レジスタの入力信号を決定するスイッチの制御信号を発生させるタイミング及び制御信号発生部と、誤り位置多項式の校正項を生成する誤り位置多項式校正項レジスタ部と、誤り位置多項式を生成する誤り位置レジスタ部と、シンドローム項を生成するシンドロームレジスタ部と、前記シンドロームレジスタ部から生成したシンドローム項の出力と前記誤り位置レジスタ部から生成した誤り位置項の出力を入力として不一致度 $\Delta_r$ を生成する不一致度生成部を備えたリードソロモン復号器において、誤り推定多項式の校正項を算出する誤り推定多項式校正項レジスタ部と、誤り推定多項式を生成する誤り推定レジスタ部と、前記不一致度生成部の不一致度出力 $\Delta_r$ と前記誤り推定レジスタ部の誤り推定項を入力として新しい誤り推定校正項を算出して前記誤り推定多項式校正項レジスタ部に入力する除算器と、前記不一致度生成部から不一致度 $\Delta_r$ の入力を受け、前記誤り位置多項式校正項レジスタ部から商の入力を受けて乗算する乗算器と、前記乗算器の出力に前記誤り推定レジスタ部の出力を加算してその結果値を前記誤り推定レジスタ部に入力させる加算器とを含んで構成される。

【0025】本発明による修正されたBerlekamp-Masseyアルゴリズムをもちいたリードソロモン復号方法は、校正項 $b_0 = 1$ 、誤り位置項 $\sigma_0 = 1$ 、反復回数 $r = 0$ 、次数 $L = 0$ 、商 $a_0 = 1$ 、誤り推定項 $z_0 = 0$ 、不一致度 $\Delta_1 = s_0$  ( $s_0$ : シンドローム項の初期値)と設定して初期化し、反復度 $r$ を1増加させる第1段階と、誤り位置項 $\sigma_j$ とシンドローム項 $S_j$ を掛け合わせ、その乗算結果と不一致度を加算して不一致度 $\Delta_{r+1}$ を算出する第2段階と、不一致度 $\Delta_r$ が「0」であるかを判断して不一致度 $\Delta_r$ が「0」でない場合、校正項 $b(x)$ と不一致度 $\Delta_r$ を乗算し、その乗算結果を(−)符号として誤り位置項 $\sigma_x$ と加算して誤り位置項に $\sigma_x - \Delta_r$   $x b(x)$ を代入し、誤り推定多項式校正項 $a_r(x)$ と不一致度 $\Delta_r$ を乗算し、その乗算結果を(−)符号として誤り推定項 $z_x$ と加算して誤り推定項に $z_x - \Delta_r a_r(x)$ を代入する第3段階と、新しい誤り位置多項式の次数 $L$ を算出してこの $L$ が $r-1$ より大きいかを判断する第4段階と、前記第4段階の判断で $2L$ が $r-1$

より大きくない場合、誤り位置項 $\sigma(x)$ で不一致度 $\Delta_r$ を除算し、その結果値の $\Delta_r^{-1} \sigma(x)$ を校正項 $b$ に代入し、誤り推定項 $z(x)$ で不一致度 $\Delta_r$ を除算し、その結果値の $\Delta_r^{-1} x z(x)$ を誤り推定校正項 $a$ に代入し、 $L$ に $r-L$ を代入して誤り位置多項式の商、校正項及び誤り推定項の次数を更新する第5段階と、前記第4段階の判断で $2L$ が $r-1$ より大きい場合、誤り位置多項式の校正項 $b$ と誤り推定多項式校正項 $a$ を1次数増加させ、新しい誤り位置多項式、校正項、制御信号の計算が終わった後反復度 $r$ の値を1増加させてその値が $2t$ になったかを判断する第6段階と、前記第6段階の判断で反復度 $r$ が $2t$ でなければ、前記第1段階の反復度 $r$ を増加させる段階に復帰し、 $r = 2t$ であれば、 $\sigma(x)$ を誤り位置項とし、 $z(x)$ を誤り推定項とする第7段階とを含んでなる。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、このような技術的思想による本発明の好ましい実施の形態を挙げてその動作及び作用を詳細に説明する。図8に本発明による修正されたBerlekamp-Masseyアルゴリズムを用いるリードソロモン復号器の構成を示すブロック図が示される。タイミング及び制御信号発生部71は、入力される図9の(a)のようなクロックと不一致度生成部85からの不一致度 $\Delta_r$ に応じて各レジスタのクロック信号とスイッチ制御信号Control-0, Control-1, Control-2を発生させる。

【0027】即ち、前記スイッチ制御信号Control-0は、新しい誤り位置多項式の次数(degree)値 $L$ を算出して次数値 $2L$ が $r-1$ より大きいかを判断し、 $2L > r-1$ であれば、図9の(a)のようなクロックにおいて $t+2$ クロックの間ハイ信号(「1」)を第1及び第2スイッチS1, S2の制御信号として出力し、 $2L < r-1$ であれば、 $t+2$ クロックの間ロー信号(「0」)を前記第1及び第2スイッチS1, S2の制御信号として出力する。

【0028】また、スイッチ制御信号Control-1は、前記 $t+2$ クロック間にのみハイ信号(「1」)として出力されて第3乃至第5スイッチS3～S5を制御し、スイッチ制御信号Control-2は図9の(a)のような入力クロックの $t+1$ 時点でのみハイ信号(「1」)として出力されて第6スイッチをS6を制御する。なお、誤り推定多項式校正項レジスタ部72は第1除算器77から出力される信号の伝達を前記第1スイッチS1を通して受け、誤り推定多項式から誤り推定校正項を算出する。

【0029】そして、誤り位置多項式校正項レジスタ部73は第2除算器78から出力される信号の伝達を前記第2スイッチS2を通して受け、誤り位置多項式から誤り位置校正項を生成する。誤り位置レジスタ部75は第2加算器80からの信号によって誤り位置多項式を生成

し、誤り推定レジスタ部74は第1加算器79からの信号より誤り推定多項式を生成する。また、シンドロームレジスタ部76は自分の出力信号のフィードバックを受けてシンドローム項を生成する。

【0030】一方、第3乗算器84は前記誤り位置レジスタ部75から出力される誤り位置項と前記シンドロームレジスタ部76から出力されるシンドローム項の入力を第6スイッチS6を通して受け、2つの項を掛け合わせて出力し、前記第3乗算器84から出力される信号は第3加算器81に入力される。前記第3加算器81は前記第3乗算器84の出力と前記不一致度生成部85からの不一致度を加算してその結果値を前記不一致度生成部85に入力する。

【0031】不一致度生成部85は、前記第3加算器81から出力される信号に応じて不一致度 $\Delta_r$ を生成する。このように生成される不一致度 $\Delta_r$ は第1及び第2除算器77、78と第1及び第2乗算器82、83にそれぞれ入力される。前記第1除算器77は、前記不一致度生成部85の不一致度出力 $\Delta_r$ と前記誤り推定レジスタ部74から出力される誤り推定項の入力を受けて新しい誤り推定校正項を算出し、その算出した誤り推定項を第1スイッチS1を介して前記誤り推定多項式校正項レジスタ部72に入力して誤り推定校正項が生成されるようにする。

【0032】また、第2除算器78は、前記不一致度生成部85から出力される不一致度 $\Delta_r$ と誤り位置レジスタ部75から出力される誤り位置項の入力を受けて新しい校正項を算出し、このように算出される誤り位置項は、第2スイッチS2を介して誤り位置多項式校正項レジスタ部73に伝達されて新しい誤り位置校正項が作られるようにする。

【0033】また、第1乗算器82は、前記不一致度生成部85から出力される不一致度 $\Delta_r$ の入力を受け、前記誤り推定多項式校正項レジスタ部72から出力される誤り推定校正項の入力を第3スイッチS3を介して受け、乗算して出力する。このように出力される信号は、第1加算器79に入力され、前記第1加算器79は、第1乗算器82の出力と前記誤り推定レジスタ部74の出力を加算してその結果値を誤り推定レジスタ部74に入力する。

【0034】第2乗算器83は、前記不一致度生成部8

$$\Delta_r = S_r + \sum_{j=1}^L \sigma_j S_{r-j}$$

【0038】段階S64で、不一致度 $\Delta_r$ が「0」であるか否かを判断する。不一致度 $\Delta_r$ が「0」でない場合、段階S65で、第4スイッチS4を介して第2乗算器83に誤り位置校正項 $b(x)$ を印加して不一致度 $\Delta_r$ と乗算し、その乗算結果を(－)符号として第2加

5から出力される不一致度 $\Delta_r$ の入力を受け、前記誤り位置多項式校正項レジスタ部73から出力される誤り位置多項式校正項の入力を第4スイッチS4を介して受け、乗算して出力する。前記第2乗算器83から出力される信号は、第2加算器80に入力され、第2加算器80は、前記第2乗算器83の出力と前記誤り位置レジスタ部75の出力を加算してその結果値を誤り位置レジスタ部75に入力する。

【0035】一方、第1～第6スイッチS1～S6は、前記タイミング及び制御信号発生部71から出力されるスイッチ制御信号Control-0～Control-2に応じてスイッチング動作を行う。即ち、第1スイッチS1は、前記誤り推定多項式校正項レジスタ部72の出力を再び入力とするか、或いは第1除算器77の出力信号を前記誤り推定多項式校正項レジスタ部72に入力する。第2スイッチS2は、前記誤り位置多項式校正項レジスタ部73の出力を入力とするか、或いは前記第2除算器78の出力信号を前記誤り位置多項式校正項レジスタ部73に入力する。第3スイッチS3は、前記誤り推定多項式校正項レジスタ部72の出力を第1乗算器82に入力する。第4スイッチS4は、前記誤り位置多項式校正項レジスタ部73の出力を第2乗算器83に入力する。第5スイッチS5は、前記不一致度生成部85の出力を前記第3加算器81に入力する。第6スイッチS6は、前記シンドロームレジスタ部76の出力を第3乗算器84に入力する。

【0036】図7は本発明による修正されたBerlekamp-Masseyアルゴリズムを示す順序図である。段階S61で、初期化過程を次のように校正項 $b_0 = 1$ 、誤り位置項 $\sigma_0 = 1$ 、反復回数 $r = 0$ 、次数 $L = 0$ 、誤り推定校正項 $a_0 = 1$ 、誤り推定項 $z_0 = 0$ 、不一致度 $\Delta_1 = s_0$  ( $s_0$ :シンドローム項の初期値)と設定する。段階S62で、反復度 $r$ を1増加させる。段階S63で、誤り位置レジスタ部74から出力される誤り位置項 $\sigma_j$ とシンドロームレジスタ部76から出力されるシンドローム $S_j$ を第6スイッチS6を介して第3乗算器84で掛け合わせ、前記第3乗算器84の出力と不一致度生成部85の出力を第5スイッチS5を介して第3加算器81で加算して不一致度 $\Delta_r$ を次の式で算出する。

【0037】

【数1】

$$\dots (1)$$

算器80で誤り位置項 $\sigma_x$ と加算して誤り位置レジスタ部75に $\sigma_x - \Delta_r \times b(x)$ を代入し、第3スイッチS3を介して第1乗算器82に誤り推定校正項 $a_r(x)$ を印加して不一致度 $\Delta_r$ と乗算し、その乗算結果を(－)符号として第1加算器79で誤り推定項 $z$



$x$  と加算して誤り推定レジスタ部74に  $z_x - \Delta_r a_r(x)$  を代入する。

【0039】段階S66で、新しい誤り位置多項式の次数値  $L$  を算出して次数値  $2L$  が  $r-1$  より大きいかを判断する。この判断結果、次数値  $2L$  が  $r-1$  より小さい場合、段階S67で第2除算器78に誤り位置項  $\sigma(x)$  を印加して誤り位置項  $\sigma(x)$  で不一致度  $\Delta_r$  を除算し、その結果  $\Delta_r^{-1} \sigma(x)$  を校正項  $b$  に代入し、第1除算器77に誤り推定項  $z(x)$  を印加して誤り推定項  $z(x)$  で不一致度  $\Delta_r$  を除算し、その結果  $\Delta_r^{-1} x z(x)$  を誤り推定校正項  $a$  に代入し、 $L$  に  $r-L$  を代入して誤り位置多項式、校正項と誤り推定項の次数を更新する。

【0040】前記判断結果、次数値  $2L$  が  $r-1$  より大きい場合、段階S68で誤り位置多項式の校正項  $b$  と誤り推定項  $a$  を1次数増加させる。段階S69で新しい誤り位置多項式、校正項、制御信号の計算が終わった後  $r$  の値を1増加させてその値が  $2t$  になったかを判断する。 $r \neq 2t$  であれば、段階S42に復帰し、 $r = 2t$  であれば、段階S70で  $\sigma(x)$  を誤り位置項とし、 $z(x)$  を誤り推定項とする。

【0041】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、修正されたBerlekamp Masseyアルゴリズムによってリードソロモン復号器のハードウェアを簡単に校正することのできる利点がある。また、修正されたBerlekamp-Masseyアルゴリズムによって誤り位置多項式及び誤り推定多項式を同時に計算することができて全体的な復号遅延時間を減らすことのできる効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 ATSC(American Television System Committee)8VSB(Vestigial Side Band)規格の伝送段で順方向誤り訂正器を構成する符号器の構成を示すブロック図である。

【図2】 ATSC 8VSB規格の受信段で順方向誤り訂正器を構成する復号器の構成を示すブロック図である。

【図3】 リードソロモン復号器の構成を示すブロック図である。

【図4】 図3の誤り位置多項式計算部(31b)の詳細図である。

【図5】 リードソロモン復号器のバリケンアーマシ(Berlekamp-Massey)アルゴリズム(BMA)を用いて誤り位置多項式を求める順序図である。

【図6】 ユークリッド(Euclid)アルゴリズムを用いて誤り位置多項式と誤り推定多項式を同時に計算するアルゴリズムを示す順序図である。

【図7】 本発明による修正されたバリケンアーマシアルゴリズムを示す順序図である。

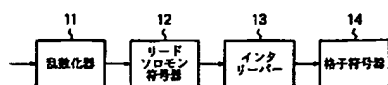
【図8】 本発明による修正されたバリケンアーマシアルゴリズムを用いるリードソロモン復号器の構成を示すブロック図である。

【図9】 図8のタイミング及び制御信号発生部から発生する制御信号のタイミング図である。

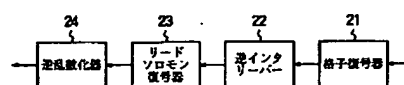
【符号の説明】

11 乱数化器、12 リードソロモン符号器、13 インタリーバー、14 格子符号器、21 格子復号器、22 逆インタリーバー、23 リードソロモン復号器、24 逆乱数化器、13 インタリーバー、14 格子符号器、31 復号部、31a シンドローム計算部、31b 誤り位置多項式及び誤り推定多項式計算部、31c 誤り位置及び誤り値計算部、32 遅延素子、33 排他的論理和素子、41 タイミング及び制御信号発生部、42 誤り位置多項式校正項レジスタ部、43 誤り位置レジスタ部、44 不一致度生成部、45 シンドロームレジスタ部、46 除算器、47 第2加算器、48 第2乗算器、49 第1乗算器、50 第1加算器、S1 第1スイッチ、S2 第2スイッチ、S3 第3スイッチ、S4 第4スイッチ、71 タイミング及び制御信号発生部、72 誤り推定多項式校正項レジスタ部、73 誤り位置多項式校正項レジスタ部、74 誤り推定レジスタ部、75 誤り位置レジスタ部、76 シンドロームレジスタ部、77 第1除算器、78 第2除算器、79 第1加算器、80 第2加算器、81 第3加算器、82 第1乗算器、83 第2乗算器、84 第3乗算器、85 不一致度生成部、S5 第5スイッチ、S6 第6スイッチ。

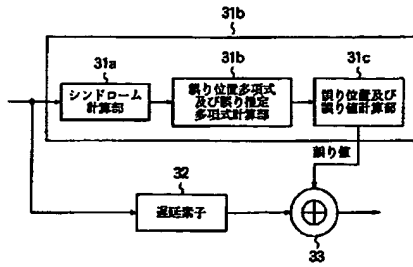
【図1】



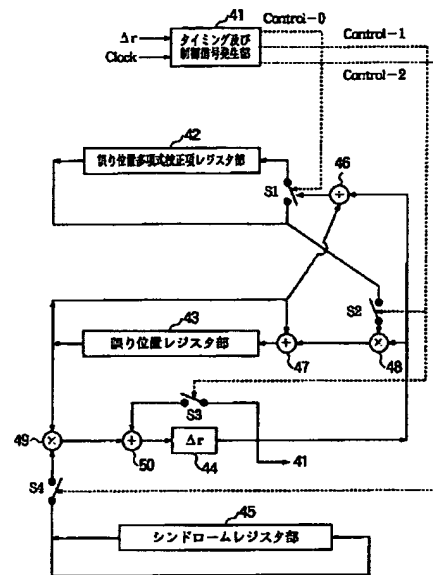
【図2】



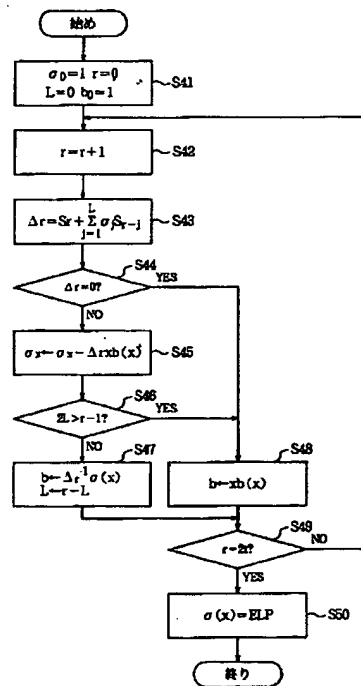
【図3】



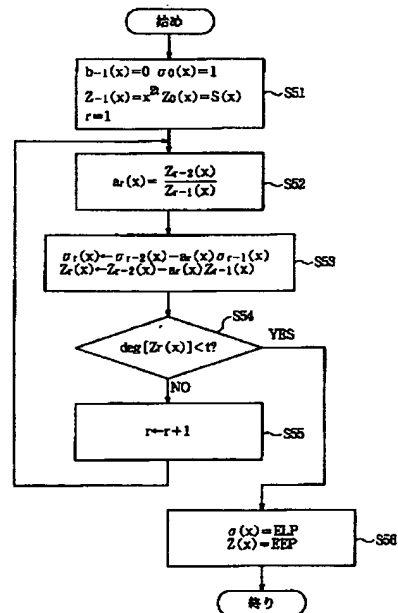
【図4】



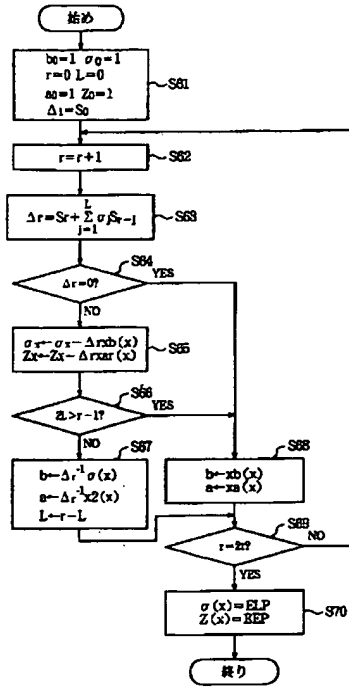
【図5】



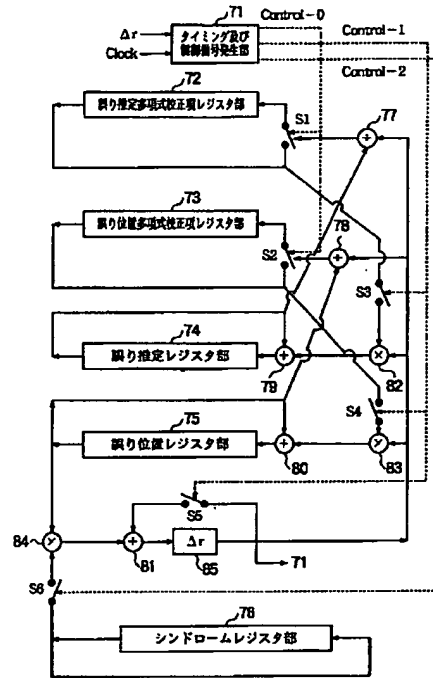
【図6】



【図7】



【図8】



【図9】

